

Л. А. Шмакова, В. А. Микула

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
sh.l.a.1995@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВИХРЕВОЙ ТОПКИ

В работе была создана модель низкотемпературной вихревой топki. Модель рассчитана с помощью CFD–моделирования. Проанализировано влияние температуры газов рециркуляции на температуру продуктов сгорания.

Ключевые слова: ПГУ-ВЦГ; высокотемпературный воздухонагреватель; вихревая топка; рециркуляция дымовых газов; CFD–моделирование.

L. A. Shmakova, V. A. Mikula

Ural Federal University, Ekaterinburg

SWIRLING-TYPE FURNACE TEMPERATURE FIELD MODELING

The model of swirling-type furnace was created in this paper. The model was calculated using CFD–modeling. The influence of flue gas recirculation temperature on combustion gases temperature was analyzed.

Key words: IGCC; high-temperature air heater; swirling-type furnace; flue gas recirculation; CFD–simulation.

В настоящий момент ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием твердых топлив является одним из многообещающих направлений использования природных ресурсов.

Высокотемпературный воздухонагреватель (ВН) является одним из важных элементов в схеме гибридной ПГУ-ВЦГ с внешним сжиганием топлива на основе процессов термообработки угля и «внешнего» сжигания топлива. Сжатый воздух, направляемый в камеру сгорания газовой турбины, нагревается в ВН до 750–900 °С.

Ранее нами было принято решение отказаться от радиационных поверхностей нагрева в топке [1], т. к. компримированный воздух до необходимой температуры (900 °С) можно нагревать в конвективных поверхностях ВН. Температура продуктов сгорания перед ВН должна быть ~ 1000·°С.

Поэтому для поддержания относительно низкой температуры в зоне активного горения предлагается использовать низкотемпературную вихревую (НТВ) топку, которая является современной эффективной технологией использования твердого органического топлива. В топке с НТВ-технологией создание вихря обеспечивается за счет встречного движения двух потоков: первый поток формируется из пылевоздушной смеси, поступающей через горелки; второй поток - из воздуха, подаваемого через сопла третичного дутья. Перспективность НТВ-технологии объясняется тем, что в Энергетической стратегии России на период до 2035 года она рекомендуется для внедрения [2].

На данный момент нет опыта использования топок с НТВ-технологией и без радиационных поверхностей нагрева. Введение газов рециркуляции помогло снизить температуры в зоне активного горения на Назаровской ГРЭС [3], поэтому есть вероятность, что удастся сделать топку воздушного котла с НТВ-технологией без поверхностей нагрева, а поддержание нужной температуры ~ 1100 °С будет обеспечиваться за счет рециркуляции газов.

Для того, чтобы убедиться в возможности снизить температуру в зоне активного горения с помощью газов охлаждения было принято решение рассчитать топку с НТВ-технологией с помощью метода CFD-моделирования.

Решение задачи включает следующие этапы: построение геометрии, расчет сетки, задача граничных условий, получение решения.

Сначала необходимо создать геометрическую модель. Принимаем глубину зоны активного горения 500 мм, выступы под углом 45° к горизонтали, на нижней образующей устанавливаем

горелку и на противоположной стороне сопло третичного дутья (рис. 1).

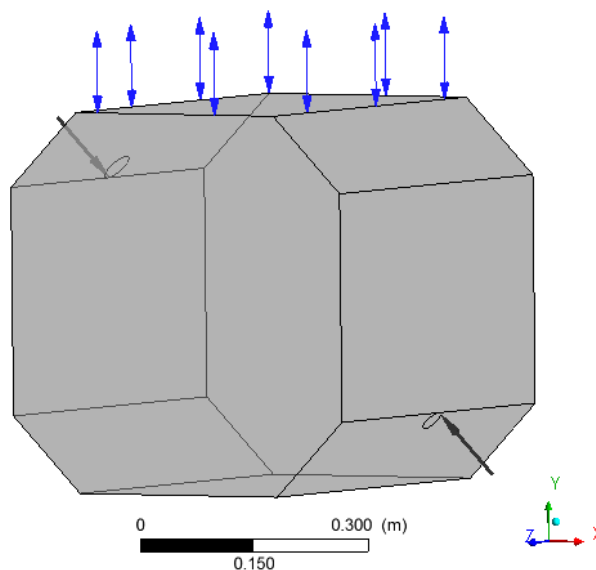


Рис. 1. Модель топки с НТВ-технологией

Далее создается расчетная сетка (размер ячеек – 0,0015 м, ячейки для подвода топлива и воздуха – 0,001 м). Затем задаются граничные условия (при этом было учтено, что топка вихревая, т. е. на выходе из зоны активного горения присутствуют обратные токи).

Для первого приближения было решено моделировать формирование вихря из струй воздуха разной температуры, более сложный расчет с химическим взаимодействием планируется осуществить в дальнейшем. Было принято, что первый поток воздуха с температурой 1923 К моделировал пылевоздушный, а второй поток – поток от сопла третичного дутья, и температура его варьировалась от 573 до 673 К.

Результаты моделирования показали, что вихрь формируется, но он занимает не весь объем топки. Также по результатам получилось, что средняя температура по выходному сечению топки с НТВ-технологией при температуре второго потока, равной 673 К, составила 1287 К, при 623 К – 1260 К, при 573 К - 1187 К (рис. 2). При этом средняя скорость по выходному сечению: при 673 К – 0,929 м/с, при 623 К – 0,925 м/с, при 573 К – 0,919 м/с.

На следующей стадии планируется усложнить модель: установить два сопла третичного дутья и две горелки; изменить место

установки сопел для подвода газов рециркуляции (для того, чтобы формируемый вихрь занимал больший объем топки) и, конечно, реакциями с химическим взаимодействием.

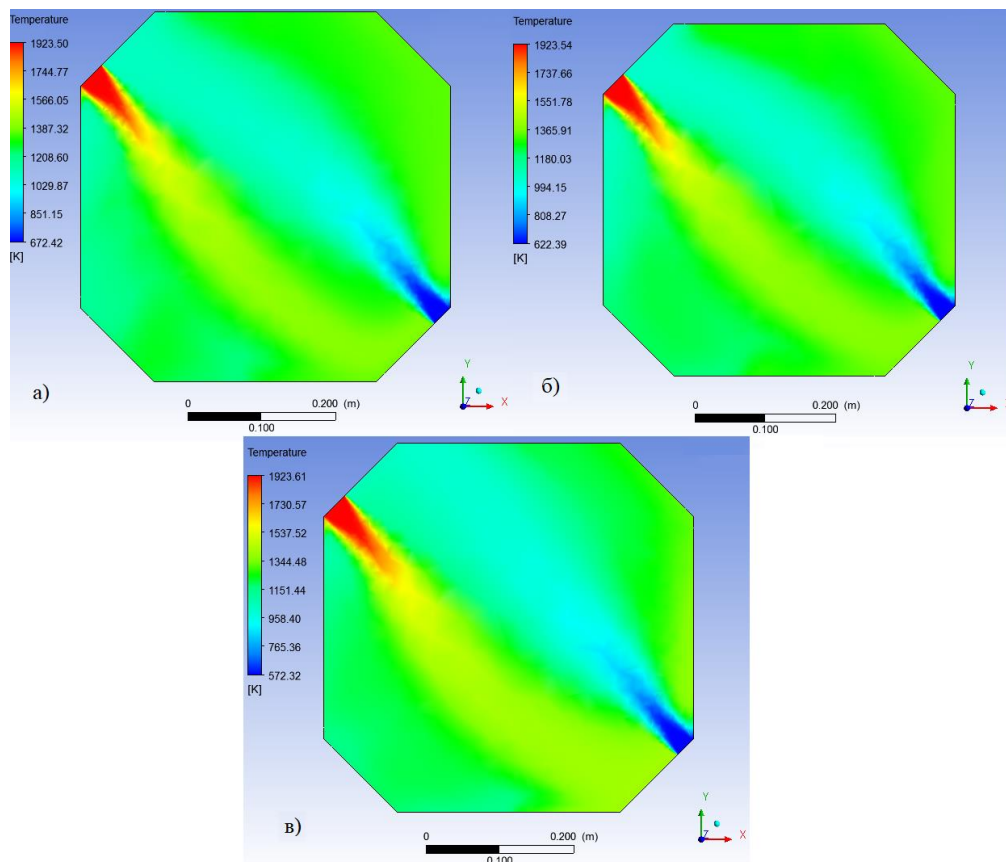


Рис. 2. Температурное поле топки с НТВ-технологией при температуре второго потока: а) 673 К; б) 623 К; в) 573 К

Список использованных источников

1. Шмакова Л. А., Семенов Н. А., Кузнецова О. П., Микула В. А. Выбор схем воздухонагревательной установки для ПГУ-ВЦГ // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти проф. Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 430–433.
2. Проект Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года (ред. от 01.02.2017). URL: <http://minenergo.gov.ru/node/1920> (дата обращения: 30.03.2017).
3. Скудицкий В. Е., Аношин, Р. Г., Рундыгин Ю. А., Михайлов В. В., Рыжиков Н. В., Григорьев К. А. Решение проблем сжигания углей Канско-Ачинского бассейна в котле П-49 блока 500 МВт Назаровской ГРЭС // Электрические станции. 2017. № 2. С. 23–28.